

# 취약성 분석 알고리즘을 이용한 학습자 중심의 교육 코스 스케줄링 멀티 에이전트 시스템

김태석<sup>\*,</sup>, 이종희<sup>,</sup>, 이근왕<sup>,</sup>, 오해석<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>송실대학교 정보과학대학, <sup>,</sup>청운대학교 멀티미디어학과

(tskim, jhlee)@multi.soongsil.ac.kr, kwlee@cwunet.ac.kr, oh@computing.soongsil.ac.kr

## Multi-agent System for Education Course Scheduling of Learner-oriented using Weakness Analysis Algorithm

Tae-seog Kim<sup>\*,</sup>, Jong-hee Lee<sup>,</sup>, Keun-wang Lee<sup>,</sup>, Hae-seok Oh<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>The Graduate School Soongsil University, <sup>,</sup>Dept. of Multimedia, Chungwoon University

### 요 약

전자도서관과 LOD 기술을 접목한 웹기반 교육 시스템의 연구는 몇 년 동안 활발히 진행되어 왔다. 특히, 멀티미디어 기술 컴퓨터 통신 기술 개발의 가속화 및 이를 응용한 콘텐츠 개발에 촉진제 역할을 하게된 웹의 탄생은 교수-학습 활동에서의 교육형태로 인식할 수 있는 전환점을 제공하게 되었고, 웹을 기반으로 한 교육(WBI : Web-Based Instruction)이라는 새로운 교수 모형이 제시되기에 이르렀다. 또한, 최근에 학습자의 요구에 맞는 코스웨어 주문이 증가되고 있는 추세이며 그에 따라 웹 기반 교육 시스템의 효율적이고 자동화된 교육 에이전트의 필요성이 인식되고 있다. 그러나 현재 연구되고 있는 많은 교육 시스템들은 학습자 성향에 맞는 코스를 적절히 서비스해 주지 못할 뿐 아니라 지속적인 피드백과 학습자가 코스를 학습함에 있어서 취약한 부분을 재학습 할 수 있도록 도와주는 서비스를 제공하지 못하고 있다.

본 논문에서는 학습자의 학습 모니터링과 지속적인 학습 평가에 의하여 개인 학습자의 학습 성취도를 계산하여 학습자에게 적합한 코스 스케줄을 제공해 주는 코스 스케줄링 멀티 에이전트를 제안하고자 한다.

### 1. 서 론

전자도서관과 주문형 강의 시스템(Lecture On Demand)을 접목한 웹기반 교육 시스템은 공간적, 시간적 유연성과 상호작용에 의해 교육 효과를 높일 수 있다. 이러한 웹기반 교육시스템의 보급과 더불어 다양한 교육 서비스에 대한 욕구 증대에 따른 교육서비스를 응용한 연구가 활발히 진행되고 있다.

국내·외 교육 소프트웨어 에이전트와 브로커는 학습자 개인에게 적합한 교육시스템 보다는 보편적으로 다수를 위한 교육 및 학습 시스템에 맞게 구성되어 있으므로 개별적인 학습자의 다양한 지식 요구 및 평가 수준을 만족시키기 어렵다.

전통적인 교실 환경을 웹기반 환경과 비교할 때의 학습 유형은 자율 학습 형태, 강의형태, 토론 형태의 세 가지 유형으로 나누어 생각할 수 있다[1]. 자율학습의 형태는 학습자가 자신의 부족한 학습 내용을 교사가 제시한 자료를 통하여, 또는 개별적인 정보검색을 통해 학습이 이루어진다. 강의 형태는 전통적인 교실환경과 마찬가지로 교사가 제시한 학습 자료를 가지고 교사가 제시한 강의 계획서에 근거하여 학습이 진행된다. 전통적인 교실환경과는 달리 학습자는 자신의 스케줄에 따라 임의의 장소에서 학습을 전개할 수 있다.

교과과정을 개설하고 이를 운영하는 교사의 입장에서 볼 때, 동록한 모든 학생들이 대면하게 되는 상황을 모두 견주하고, 그들의 학습 상태를 분석하여 학습자에게 가장 적합한 코스 구성 및 스케줄을 제공한다 것은 어려운 일이다[2]. 따라서, 이러한 웹기반 교육 시스템에서의 학습자에게 효율적이고 효과적인 학습 방법과 코스 구성 그리고 코스 스케줄 등의 피드백을 제공할 수 있는 에이전트가 필요하게 되었다.

본 논문에서는 학습자의 학습 수준과 학습 방법을 평가하여 학습자의 학습에 적합한 동적인 코스를 제공하고자 한다. 또한, 학습자의 학습 상태에 따른 빠르고 적절한 피드백을 제공하는 에이전트를 개발하여 학습 수준에 맞는 코스를 재구성해 줌으로써 반복학습을 통한 학습

효과를 증진시키고자 한다. 이를 위하여 동적인 코스 스케줄링과 적절한 피드백을 제공해 주는 멀티 에이전트를 제안한다.

### 2. 관련연구

대표적인 웹 교육 시스템으로 텍사스 대학의 CODE(Customized On-Demand Education) 시스템이다. 이 시스템은 전자 상거래의 응용으로 교육 설계를 위한 개념적인 모형을 정의하고 코스의 주문형 생산과 같은 부가 가치 서비스를 제공한다. 또한 교육의 학습자와 공급자 사이의 중개자로서의 교육 중개를 위한 모형을 설계하였으며 미리 정의된 표준에 따른 새로운 자료의 생산을 위해 잠재적인 공급자를 위임하고 코스 자료 저장소를 활용하는 중개에 기초한 코스 생산과 전달을 위한 방법론을 제안하였다.

카네기 멜론 대학에서 진행중인 플레이아데스 프로젝트는 분산환경하에서 독립적인 에이전트의 통합을 위한 멀티에이전트 구조인 RETSINA(Reusable Task Structure-based Intelligent Network Agents)를 의사결정 도메인에 적용한 것이다[3]. 이 프로젝트에서 구현한 방문객 관리 시스템은 카네기 멜론 대학을 방문하는 방문객과 방문객이 원하는 분야의 연구진의 일정을 조절하여 미팅을 주선하는 시스템이다. 복잡한 작업을 해결하기 위하여 작업을 분리하고 분리된 작업을 적절한 에이전트에게 배당하여 결과를 통보하는 것에 초점을 둔 것으로 분산 컴퓨팅 환경하에서 에이전트간의 직접적인 커뮤니케이션에 의하여 협력하는 에이전트 기반 구조의 프로토타입이라고 할 수 있다.

기존 연구에 대한 문제점은 온라인 상에서의 교육에 있어서 학습자와 교수와의 피드백을 위한 적절한 지원 시스템의 부재와 학습자의 학습 성취도에 따른 적절한 코스 구성의 결여이다. 그러므로 전통적인 면대면 교육시스템에서 교사와 학습자간에 필요한 상호작용이 웹기반 교육시스템에서는 충분히 제공되지 못하여 학습자의 높은 학습 효과를 기대할 수 없다.

3. 코스 스케줄링 멀티 에이전트의 설계

LTSA(Learning Technology System Architecture)[4]는 학습환경 상호작용 시스템을 구현하는데 정보공학적인 면에서 사용자의 측면을 고려하여 IEEE 1484 학습기술 표준위원회(Learning Technology Standards Committee : LTSC)가 가상교육의 국제표준안 제정을 위하여 작성한 학습시스템 명세서이다. 코스 스케줄링 멀티 에이전트 CSMA(Course Scheduling Multi-Agent)를 이용한 학습 시스템의 구조는 LTSA 표준 모델에 입각하여 설계하였다.

3.1 CSMA 학습 시스템의 구조

제안하는 CSMA 학습시스템은 다음 [그림 1]과 같으며 학습자, 교사, 멀티에이전트, 전달, 평가 등의 프로세스를 가지며 학습자료 저장소와 학습기록 저장소 및 각 개체들의 상호작용으로 구성되어 있다



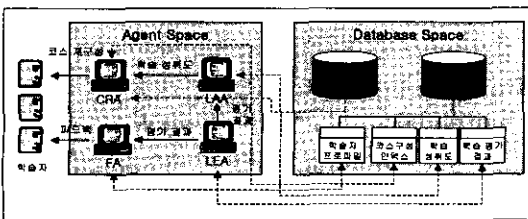
[그림 1] CSMA 학습시스템 모델

기존 학습시스템 모델에서의 시스템 교치의 역할을 멀티에이전트가 담당하도록 하였으며 멀티에이전트는 학습자의 학습성취도 계산 및 코스 스케줄링을 담당한다. 또한 교사의 역할을 완전히 배제한 기존의 모델에 교사 개체를 삽입하여 학습자의 질문을 처리할 수 있도록 함으로써 효율적인 학습 시스템 모델을 제시한다.

3.2 CSMA의 구성

CSMA를 이용한 학습 시스템은 웹 인터페이스를 중심으로 학습자와 CSMA가 연결되어 있으며 웹 인터페이스를 통하여 학습자와 CSMA간의 코스 스케줄링의 요청과 전송이 이루어지며 학습자는 CSMA가 제공하는 코스를 학습하게 된다.

CSMA로부터 생성되는 모든 정보들은 데이터베이스에 저장되며 필요시 CSMA에 의해 로딩되어 코스 재구성에 이용된다. 학습자의 프로파일을 비롯한 학습자의 학습 행위로부터 얻어지는 정보는 웹 인터페이스를 통해 데이터베이스에 저장되며 저장된 후에 CSMA에 의해 학습자에게 필요한 정보 즉, 학습성취도, 코스 스케줄링, 평가자료, 피드백 등으로 재생성되어 저장된다.



[그림 2] 에이전트와 데이터베이스의 상호작용

[그림 2]에서 보는 것과 같이 CSMA의 핵심이 되는 멀티에이전트는 다음과 같이 4개의 에이전트로 구성되어 있으며 각 에이전트의 역할을 살펴보면 다음과 같다.

1) 코스 재구성 에이전트(Course Recomposition Agent : CRA)

코스 재구성 에이전트는 학습자의 학습성취도에 대한 정보를 학습자 성취도 에이전트에게 전달받아 새로운 최적의 학습자 중심의 코스를 생성하여 학습자에게 제공한다.

2) 학습 성취도 에이전트(Learning Accomplishment Agent : LAA)

학습성취도 에이전트는 학습자의 학습 내용에 대한 평가를 담당하는 학습평가 에이전트의 평가 결과를 바탕으로 학습 성취도를 계산하여 학습자의 학습 효과를 파악한다. 학습효과가 기준에 미달될 때는 즉시 코스 재구성 에이전트에게 코스 재구성 요청을 하게 된다.

3) 학습 평가 에이전트(Learning Evaluation Agent : LEA)

학습 평가 에이전트는 학습자의 학습 진행 과정에서 학습자의 학습 내용이 단계별로 완료될 때마다 학습 평가를 실행하여 학습자의 학습 능력을 판단하여 평가 결과를 학습 성취도 에이전트에게 넘겨주게 된다.

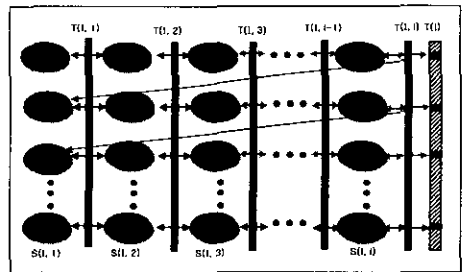
4) 피드백 에이전트(Feedback Agent)

피드백 에이전트는 자료저장소에 있는 학습자의 프로파일 및 계산된 학습 성취도 등을 참조해 적절한 피드백을 학습자에게 제공함으로써 학습 효과를 높이는데 기여한다.

에이전트 상호간의 주고받는 메시지 이외에 에이전트는 질의물 통해서 데이터베이스에 저장되어 있는 정보를 요청하고 요청한 자료를 전달받는다. 그림에서 점선으로 표시된 부분은 에이전트가 질의를 통해서 데이터베이스의 데이터를 저장하고 로딩하는 부분을 표시하였다.

4. 코스 스케줄링 알고리즘

코스는 1장부터 N장까지의 대 단원으로 나누어지고 각 장은 1절부터 n절까지의 소 단원으로 다시 나누어진다. 대 단원은 학습자료의 각 장에 해당하며 소 단원은 각 장에 속해있는 절에 해당한다. [그림 3]에서와 같이 학습 자료와 학습 평가를 구분하기 위해 학습 자료는 S(i, j)으로 표현하고, 학습 평가는 T(i, j)로 표현한다.



[그림 3] 소 단원 평가와 대 단원 평가의 구조

순서적으로 1장 1절인 S(1, 1)을 학습한 학습자는 평가 에이전트의 소 단원 평가인 T(1, 1)을 통해 기준 점수 이상을 받아야 1장 2절인 S(1, 2)를 학습할 수 있다. 이렇게 순서적으로 학습하는 것이 일반적인 코스 학습의 원칙이며 각 장, 각 절에 대한 평가에서 기준 등급에 따라 코스 스케줄링 에이전트에 의한 코스 재구성이 이루어지게 된다. [표 1]은 S(1, 1)부터 S(1, n-1)까지의 소 단원별 평가 및 처리에 대한 평가 규칙을 나타내었다.

[표 1] 소단원 평가 및 코스 진행규칙

평가 점수	60 이하	60~69	70~79	80~89	90~100
평가 등급 (G)	F	D	C	B	A
단계 이동 (S)	S(I, i-1)	S(I, i-1)	S(I, i)	S(I, i+1)	S(I, i+1)
학습 시간 (tr)	ts(I, i)	ts(I, i)-10	ts(I, i)-20	ts(I, i)	ts(I, i)-10

각 문항에 대한 평균 답안 마킹 시간을 기준으로 개별 문항에 대한 각각의 답안 마킹 시간을 비교하여 이를 코스스케줄링의 가중치 값으로 사용한다. 이 가중치 값은 대 단원에서의 소 단원 취약성 계산의 중요한 파라미터로 작용한다.

취약 가능성을 보인 두 단계에 대한 답안을 확인하여 학습자가 정답을 마킹한 문항과 오답을 마킹한 문항을 구분하여 정답을 마킹한 문항이 해당 소 단원에서 60% 미만일 경우 취약성이 있다고 규정한다.

각 대 단원 평가에서 나타난 결과를 통해서 학습 자료의 소 단원에 대한 마킹 시간의 지연과 정답률을 통해 취약 가능한 소 단원을 검출하도록 그 단원의 취약성을 계산한다. 학습자의 답안 마킹 시간과 정답률을 분석한 소 단원에 대한 취약성  $W_{dr}(I, i)$ 은 다음과 같이 구할 수 있다.

- $t_d(I, i)$  : 단원시험에서 소단원 문항의 풀이 소요시간
- $t_r(I, i)$  : 단원시험에서 소단원 문항의 풀이 요구시간
- $R(I, i)$  : 단원시험에서 소단원 문항의 정답률
- $W_t(I, i)$  : 각 소단원의 풀이 시간 취약성
- $W_{dr}(I, i)$  : 각 소단원의 풀이 시간, 정답 취약성

$$W_t(I, i) = \begin{cases} 0 & : t_d(I, i) < t_r(I, i) \text{ 일 때} \\ 1 & : t_d(I, i) \geq (4 * t_r(I, i)) \text{ 일 때} \end{cases}$$

$$\frac{t_d(I, i) - t_r(I, i)}{3 * t_r(I, i)} : t_d(I, i) < (4 * t_r(I, i)) \text{ 일 때} \dots (1)$$

$$W_{dr}(I, i) = W_t(I, i) * 0.5 + (1 - R(I, i)) * 0.5 \dots \dots \dots (2)$$

학습자의 취약성 계산은 학습자의 답안 마킹 시간과 정답률을 분석한 소 단원에 대한 취약성 뿐만 아니라 소 단원 학습의 반복 횟수를 계산하여 또 하나의 취약성을 계산한다.

소 단원의 반복 학습을 분석한 학습 취약성  $W_r(I, i)$ 를 계산하는 식은 다음과 같이 정의할 수 있다.

- $Lc(I, i)$  : 소단원의 학습 횟수
- $W_r(I, i) = (Lc(I, i) - 1) * 0.3 \dots \dots \dots (3)$   
 $(W_r(I, i) > 1 \text{ 일 때는 } 1 \text{로 계산(반복회수가 5회 이상일 때)})$

따라서, 학습자의 코스 학습 평가에 따른 소단원의 학습 취약성은 다음과 같이 구할 수 있다.

- $W(I, i)$  : 각 소단원의 학습취약성
- $W(I, i) = W_{dr}(I, i) * 0.7 + W_r(I, i) * 0.3 \dots \dots \dots (4)$

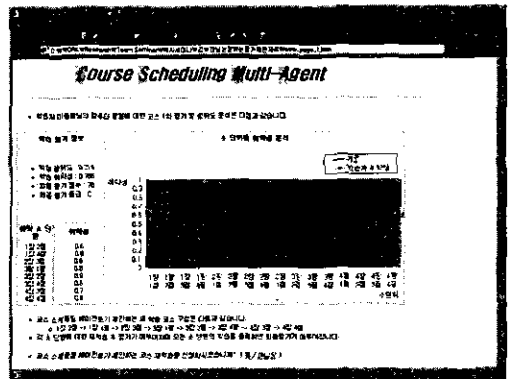
반복 학습을 분석하여 얻은 학습 취약성은 답안 마킹 시간을 분석한 학습 취약성과 합하여 전체 소단원의 학습 취약성을 나타낸다.

따라서, 각 소단원의 학습 취약성은 학습자의 답안 마킹 시간과 정

답률을 분석한 소 단원에 대한 취약성인  $W_r(I, i)$ 와 소 단원의 반복 학습을 분석한 학습 취약성인  $W_r(I, i)$ 의 가중치를 7: 3으로 하여 계산한다. 이렇게 계산된 학습 취약성으로 학습 성취도를 계산할 수 있으며 학습 성취도 계산에 따라 취약성을 보이는 소 단원을 추출하여 코스 재구성을 한다. 한 소 단원에 대하여 취약성이 0.4 이상인 소 단원은 CSMA에 의해 재학습을 하도록 코스 스케줄이 된다.

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서 제안한 CSMA는 학습자의 학습 행태를 분석하고 학습 취약성을 계산하여 학습자로 하여금 자신이 취약한 부분을 재학습할 수 있도록 도와주는 코스 스케줄링 멀티 에이전트를 제안하였다. [그림 4]는 CSMA를 통해 학습자가 받게되는 코스 스케줄링의 결과 메시지의 프로토타입이다.



[그림 4] 코스 스케줄링 푸쉬 메일

향후 과제는 CSMA의 설계를 기반으로 하여 실제적으로 학습자에게 완전한 코스 서비스를 제공하기 위한 편리한 학습자 인터페이스와 멀티에이전트의 구현이 주요 과제이며 실험 평가론 통해 CSMA의 성능과 효과를 증명할 수 있도록 할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Hamalainen, M, Whinston, A, and Vishik, S., "Electronic Markets for Learning : Education Brokerages on the Internet", *Communications of the ACM*, vol. 39 no 6 (June), 51-58, 1996.
- [2] Agogino, A, "The Synthesis Coalition : Information Technologies Enabling a Paradigm Shift in Engineering Education", *Proceedings of Hypermedia in Vaasa '94(June)*, *Vaasa Institute of Technology*, 3-10, 1994.
- [3] Katia Sycara, Dajun Zeng, "Coordination of Multiple intelligent Software Agent", *International Journal of Cooperative Information System*, 1996.
- [4] <http://grouper.ieee.org/pl484>  
IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC)
- [5] 양선욱, "멀티에이전트를 이용한 사용자 중심의 열기반 개별학습시스템에 관한 연구", 박사학위 논문, 숭실대학교, 1999
- [6] 나일주, "웹기반교육의 전개", 웹기반교육, 교육과학사, 1999.